

## Pump control method for automobile electrohydraulic braking system

**Patent number:** DE19828553

**Publication date:** 2000-02-03

**Inventor:** HACHTEL JUERGEN (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**


- **International:** B60T13/20; H02P5/00; B60T13/14; F04B49/00

- **European:** B60T8/40G; B60T13/20; B60T13/66B; F04B49/06C

**Application number:** DE19981028553 19980626

**Priority number(s):** DE19981028553 19980626; US19990340334 19990625

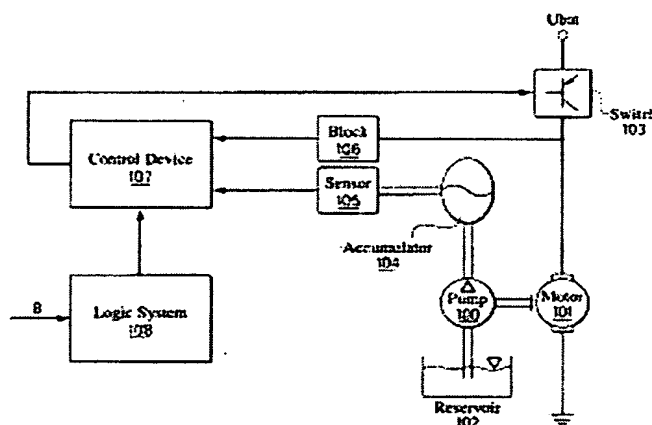
**Also published as:**

 US6389349 (B1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19828553

The control method provides a control signal for the pump (100), supplying the hydraulic pressure medium for the braking system, in dependence on the detected pressure gradient of the pressure medium, e.g. by comparing the actual pressure with upper and lower limits and comparing the pressure gradient with a threshold pressure gradient. An Independent claim for a pump control device is also included.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**This Page Blank (up to)**

~~**This Page Blank (up to)**~~



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 198 28 553 C 1

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 60 T 13/20**  
B 60 T 13/14  
F 04 B 49/00  
H 02 P 5/00

②1 Aktenzeichen: 198 28 553.1-21  
②2 Anmeldetag: 26. 6. 1998  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 2. 2000

DE 198 28 553 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Hachtel, Juergen, 74219 Möckmühl, DE

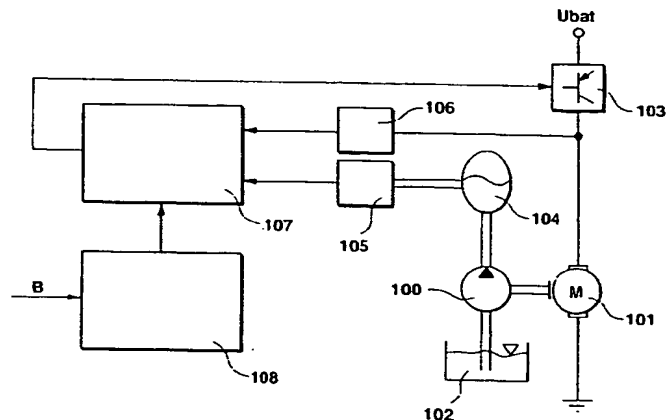
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 196 48 596 A1  
DE 195 48 248 A1  
DE 195 46 682 A1  
DE 42 32 130 A1  
DE 41 02 496 A1  
DE 38 18 260 A1  
DE 38 13 172 A1

DE-Z: ATZ 95 (1993) H. 11, S. 572-580;

⑤4 Verfahren und Vorrichtungen zur Durchführung eines Verfahrens zur Bildung oder Anpassung eines Ansteuersignals zur Ansteuerung eines ein Druckmedium fördernden Mittels eines Fahrzeugbremsystems

⑤7 Das Ansteuersignal (U) einer Pumpe (100) eines Bremsystems wird abhängig von einem Druckgradienten ( $P_g$ ), bevorzugt aus einem Druckspeicher (104), gebildet. Dabei wird die Einschaltzeit ( $T_{ein}$ ) innerhalb eines Ansteuertaktes (TAKT) eines pulswidenmodulierten Signals zur Pumpenansteuerung unter Berücksichtigung des Speicherdruckgradienten variiert. Dies geschieht durch Ansprechen eines Schaltmittels (103) durch eine Steuereinheit (107). Die Ansteuerung abhängig vom Druckgradienten ( $P_g$ ) kann dabei alternativ zu oder in Kombination mit der Ansteuerung abhängig von der Generatorspannung ( $U_{gen}$ ) des Pumpenmotors (101) erfolgen.



DE 198 28 553 C 1

Die Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtungen gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 2, 12 und 13.

Aus der DE 195 48 248 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems bekannt. Hierbei wird die Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventile in die Radbremszylinder eingesteuert, wobei der Druckspeicher mit einer Pumpe geladen wird. Um ein möglichst geräuschloses Laden des Druckspeichers zu erreichen, wird die Pumpe mit einem bedarfsgerechten Puls-/Pulspausenverhältnis eines PWM-Signals, abhängig vom Volumenbedarf an Hydraulikflüssigkeit und einem Druck im Druckspeicher angesteuert. Das PWM-Signal wird dabei abhängig von einem vorgebbaren Druckwert mit der Abweichung des Ist-Druckes von diesem Wert (Druckspeicherhysterese) verändert. Dabei wird eine Vielzahl von festen Druckschwellwerten zur förderleistungsgerechten Ansteuerung verwendet. In dieser Offenlegungsschrift wird speziell die Ansteuerung einer Pumpe in einem elektrohydraulischen Bremssystem offenbart.

Daneben sind Verfahren und Vorrichtungen bekannt, bei denen in hydraulischen Bremssystemen die Rückförderpumpen abhängig von der, vom Pumpenmotor im Leerlauf erzeugten Generatorspannung angesteuert werden. Vergleichbare hydraulische Bremssysteme sind z. B. aus der DE 195 46 682 A1 bekannt. Die DE 42 32 130 A1 offenbart dazu ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer elektromotorisch angetriebenen Hydraulikpumpe, die zur Hilfsdruckerzeugung einer Bremsanlage mit einer Antiblockierregelung und/oder einer Antriebsschlupfregelung dient. Sie wird dazu mit einem variablen Ansteuertakt aus Puls-/Pulspausenfolge angesteuert. Dabei wird die, in den Pulspausen vom Pumpenmotor generatorisch induzierte Spannung, kurz Generatorspannung genannt, als Maß für die Pumpendrehzahl ausgewertet. Durch eine Differenzbildung dieser Generatorspannung als Drehzahlgröße mit einer in einer Antiblockier- oder Antriebsschlupfregelung gebildeten Sollgröße für die Pumpenmotordrehzahl, wird dann einem nachgeschalteten Regler eine Differenzgröße zur Verfügung gestellt. Mit dem Ausgangssignal des Reglers wird das pulsweitenmodulierte Stellsignal für die Pumpenansteuerung gebildet. Im Takt dieses pulsweitenmodulierten Stellsignals wird der Antriebsmotor der Hydraulikpumpe ein- und ausgeschaltet.

Die DE 41 02 496 A1 zeigt eine hydraulische Zweikreisbremsanlage mit Bremsdruck-Steuereinrichtung für ein Straßenfahrzeug, welches mit einem Antiblockiersystem und einer Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR) ausgestattet ist. Dabei ist auch für die nicht angetriebenen Vorderräder des Fahrzeugs eine zur ASR analoge Bremsdruck-Steuereinrichtung vorgesehen, die zusammen mit dem ASR für die angetriebenen Hinterräder des Fahrzeugs aktiviert wird. Bei dieser Aktivierung der Bremsdruck-Steuereinrichtung werden Funktionssteuerventile in Sperrstellung umgeschaltet und eine Hilfsdruckquelle aktiviert. Die Aktivierung der Bremsdruck-Steuereinrichtung und damit auch der Hilfsdruckquelle erfolgt wenn der Fahrer das Bremsgerät in einer Weise betätigt, daß die zeitliche Anstiegsrate des Druckes im Bremsgerät größer als ein vorgegebener Schwellwert ist. Der Bremsdruck wird dann automatisch so gesteuert, daß sich eine optimale Fahrzeugverzögerung ergibt. Dabei wird die Hilfsdruckquelle abhängig von einer Schwellwertüberschreitung der zeitlichen Anstiegsrate des Druckes, also eines zeitlichen Druckgradienten zugeschaltet.

In der DE 38 18 260 A1 ist ein Antrittsgradient bezüglich des Bremspedals genannt, der von der Art und Weise der Pedalbetätigung und der ausgeübten Kraft durch den Fahrer abhängt und die Geschwindigkeit des Druckanstiegs im Hauptzylinder der Bremsanlage beeinflußt sowie dazu verwendet wird einen Pedalkraftüberschuß zu ermitteln. Der Pedalkraftüberschuß wird zur Bildung eines Volumenmodells herangezogen, welches zum Einschalten oder Zuschalten einer Hilfsdruckquelle auswertbar ist.

Daneben zeigt die DE 38 13 172 A1 die Verwendung eines Druckes zur Erarbeitung der Stellgröße zur Steuerung des Pumpenförder Volumens. Der Druck wird darin zu verschiedenen Zeitpunkten erfaßt. Dabei variiert dieser von Zeitpunkt zu Zeitpunkt der Erfassung. Somit wird der sich ändernde Druck sensiert und in der Stellgröße zur Steuerung des Pumpenförder Volumens verarbeitet.

Die DE 196 48 596 A1 zeigt die Verwendung eines Druckgradienten im Hauptbremszylinder. Bei Unterschreitung eines Schwellenwertes durch den Druckgradienten und gleichzeitiger Feststellung, daß noch nicht alle Räder an der Kraftschlußgrenze liegen, werden Ventile umgeschaltet und eine Rückförderpumpe eingeschaltet.

Es hat sich gezeigt, daß die bekannten Verfahren sowie die entsprechenden Vorrichtungen nicht in jeder Beziehung optimale Ergebnisse zu liefern vermögen. So zeigt sich zum Beispiel bei tiefen Temperaturen oder anderen Störungen, daß die Förderleistung der Pumpe im getakteten Betrieb, geregelt durch die Generatorspannung, nicht ausreichend ist. Außerdem ist bei den bekannten Verfahren nicht gewährleistet, daß ein gewünschtes Druckniveau innerhalb einer situationsabhängig vorgebbaren Zeit erreicht wird. Dies gilt gleichermaßen für Druckanstieg wie Druckabfall. So wird die Notwendigkeit z. B. aus einem Speicher im Bremssystem schneller oder langsamer das Druckmedium zu fördern, um einem gewünschten Druckabbau nicht nur in den Radbremszylindern sondern auch im übrigen Bremssystem Rechnung zu tragen, nur unzureichend berücksichtigt. Ebenso erfolgt die Zuführung von Druckmedium in das gesamte Bremssystem und/oder einen Druckspeicher nicht mit einer exakten Zeitvorgabe, d. h. in welchem Zeitraum ein bestimmtes Druckniveau erreicht sein soll.

Damit stellt sich die Aufgabe ein optimiertes System zur Bildung oder Anpassung eines Ansteuersignals eines ein Druckmedium fördernden Mittels zur Verfügung zu stellen, bei welchem, insbesondere im Betrieb des Mittels, eine an den Volumenbedarf und/oder die Druckverhältnisse angepaßte Förderleistung des Mittels einstellbar ist.

#### Vorteile der Erfindung

Das Ansteuersignal des, das Druckmedium fördernden Mittels und/oder dessen Bildung, insbesondere bei einem PWM-Signal ist von wenigstens einer Bedingung abhängig. Eine Bedingung zur Bildung eines Ansteuersignals zur Ansteuerung des, das Druckmedium fördernden Mittels, insbesondere der Pumpe eines Bremssystems wird erfindungsgemäß mindestens abhängig von einer Druckgradientengröße gebildet. Diese Druckgradientengröße repräsentiert einen Istwert eines Druckgradienten des Druckmediums im Bremssystem. Die Bedingung zur Bildung des Ansteuersignals wird als Abhängigkeitsmodus bezeichnet und ist z. B. als ein Vergleich der Druckgradientengröße mit verschiedenen Druckgradientenschwellwerten und/oder als eine Auswertung eines Kennfeldes, mit der Druckgradientengröße als einer Kennfeldgröße und/oder als Vorgabe der Druckgradientengröße als Führungsgröße in einem Regelkreis ausgestaltet.

Daneben kann als weitere Abhängigkeitsmodus ausge-

hend von einem vorgebbaren Ansteuersignal, mit vorgebbarer Einschaltzeitdauer innerhalb eines Ansteuertaktes durch einfache Weiterrechnung, wie z. B. mittels Addition oder Subtraktion von Zeitschritten zu oder von der Einschaltzeitdauer, Multiplikation oder Division sowie anderer Verknüpfungen ein darauf folgendes angepaßtes Ansteuersignal aus dem ursprünglichen ermittelt werden, woraus sich dann eine neue Druckgradientengröße ergibt.

Die bisher verwendete Bedingung zur Ansteuerung einer Pumpe eines Bremssystems, die Abhängigkeit des Ansteuersignals von der Generatorspannung kann nun auch in Situationen, in welchen die bisherige Methode nicht immer optimale Ergebnisse liefert vorteilhaft ersetzt und/oder ergänzt werden durch eine weitere Bedingung: die Abhängigkeit des Ansteuersignals von einem Druckgradienten.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat somit den Vorteil, daß dabei das Puls-/Pulspausenverhältnis des Ansteuersignals bzw. die Einschaltzeit der Pumpe innerhalb eines Ansteuertaktes beispielsweise so verändert wird, daß der Druck im Speicher eine vorgebbare Druckänderung mindestens erreicht. Dies gilt gleichermaßen für Druckanstieg wie Druckabfall. Damit ist gewährleistet, daß ein gewünschtes Druckniveau auch innerhalb einer vorgebbaren Zeit erreicht wird. Dadurch kann einerseits ein Mindestdruckanstieg bzw. ein Mindestdruckabfall im Druckmedium ebenso wie ein maximaler Druckanstieg bzw. maximaler Druckabfall, also ein Maximaldruckgradient, erreicht und andererseits eine exakte Zeitvorgabe zur Erreichung eines bestimmten Drucks sichergestellt werden.

Darüberhinaus kann die Förderleistung und die Geschwindigkeit des Druckanstiegs bzw. Druckabfalls durch die Verwendung verschiedener, als Schwellwerte verwendete Druckgradientenwerte und diesen zugeordnete, vorgebbare Einschaltzeitdauern innerhalb eines Ansteuertaktes eingestellt werden.

#### Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Dabei zeigt:

**Fig. 1** ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel mit einem Ausschnitt aus einer Bremsanlage in Form eines Blockschaltbildes.

In **Fig. 2** ist der Zusammenhang der verschiedenen Einschaltzeitdauern  $T_{\text{ein}}$  innerhalb eines Ansteuertaktes TAKT und des sich daraus ergebenden pulsweitenmodulierten Signals  $U(t) = U$  zur Ansteuerung des Pumpenmotors mit dem dadurch erzielten Druck  $P(t) = P$  und den daraus resultierenden Druckgradienten  $P_g$  für den Druckanstiegsfall dargestellt. Die Anwendung des Druckgradientenverfahrens im Wechsel oder in Kombination mit der Bestimmung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  aus der Generatorspannung des im Leerlauf betriebenen Pumpenmotors ist in den **Fig. 3a** und **3b** gezeigt.

**Fig. 4** offenbart ein spezielles Verfahren einen gewünschten Druckgradienten innerhalb einer vorgebbaren Toleranz unter Berücksichtigung eines Mindestdruckgradienten zu folgen.

**Fig. 5** schließlich zeigt ein weiteres Druckgradientenverfahren, bei welchem aufgrund verschiedener Gradientenschwellwerte bedarfsgerecht unterschiedliche Einschaltzeitdauern innerhalb eines Taktintervalls festgelegt werden.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Beschrieben wird das Verfahren anhand eines Beispiels bei welchem der Druck beziehungsweise der Druckgradient aus einem Druckspeicher gewonnen wird und eine Pumpe

die diesen Druckspeicher speist angesteuert wird. Neben der Verwendung des Speicherdruckgradienten, kann aber jeder andere, im Bremssystem auftretende Druck, bzw. Druckgradient eingesetzt werden. In **Fig. 1** ist beispielhaft eine Vorrichtung in Form eines Blockschaltbildes dargestellt. Es zeigt: Eine Pumpe **100** zur Förderung eines Druckmediums aus einem Vorratsbehälter **102** in einen Druckspeicher **104**. Getrieben wird die Pumpe durch einen Motor **101**. Dieser wird über ein Schaltmittel **103** mit der Versorgungsspannung  $U_{\text{bat}}$  verbunden beziehungsweise von ihr getrennt. Der Druck des Druckspeichers **104** wird mittels eines Sensors erfaßt und die den Druckwert repräsentierende Information weitergeleitet. Dies geschieht im Block **105**. Neben der sensorischen Erfassung des Druckwertes besteht auch die Möglichkeit mittels einer Modellierung den jeweils relevanten Wert des Drucks bzw. des Druckgradienten zu schätzen. Durch Block **106** wird die am Pumpenmotor **101** abfallende Spannung erfaßt und die den Spannungswert repräsentierende Information an eine Steuereinrichtung **107** weitergeleitet. Ebenso wird die den Druckwert des Speichers **104** repräsentierende Information durch Block **105** an selbige Steuereinrichtung **107** geleitet.

Neben der Verwendung der analogen Größen für das Ansteuersignal  $U(t)$ , die Generatorspannung  $U_{\text{gen}}$ , den Druck  $P$  oder den Druckgradienten  $P_g$  ist z. B. für die Verwendung in einem Rechnerprogramm das Einlesen und Aufbereiten dieser Größen nötig. Für die erfindungsgemäße Benutzung dieser Größen sind somit die in ihnen enthaltenen Informationen entscheidend und können ebenso analog wie digital Verwendung finden.

Daneben erhält die Steuereinrichtung **107** Eingangsdaten aus einer möglichen übergeordneten Logik **108**, z. B. einer ABS/ASR/FDR-Logik. Diese wiederum erhält unter anderem den Bremswunsch  $B$  des Fahrers als Eingangsgröße. Die Steuereinrichtung **107** ihrerseits ist mit dem Schaltmittel **103** verbunden und steuert dadurch das Schalten der Versorgungsspannung  $U_{\text{bat}}$  auf den Pumpenmotor **101**. Aus dem durch Block **105** erfaßten und weiter verarbeiteten Druckwert wird in der Steuereinrichtung **107** der benötigte Druckgradient gebildet. In einer anderen Ausführungsform kann auch vorgesehen sein, daß der jeweilige Druckgradient bereits in Block **105** gebildet und dann direkt an die Steuereinrichtung **107** übergeben wird. Dies zeigt deutlich, daß die Zuordnung der einzelnen Funktionalitäten zu den jeweiligen Blöcken des Diagramms wie sie in diesem Ausführungsbeispiel getroffen ist nicht zwingend vorgegeben und auch eine andere Funktionsaufteilung oder auch Verschmelzung von z. B. der Steuereinrichtung **107** und der übergeordneten Logik **108** in einem Steuergerät möglich ist. Daneben sind die nicht erfindungswesentlichen Eingangsgrößen für beispielsweise die übergeordnete Logik **108** wie z. B. Raddrehzahlsignale, Gearratensignale, etc. in **Fig. 1** weggelassen bzw. nicht explizit aufgeführt.

**Fig. 2** zeigt dazu schematisch den Zusammenhang zwischen einem getakteten Ansteuersignal  $U(t)$  des Pumpenmotors **101** mit durch Variation der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  erzielten, beispielhaften Effektivwerte  $E_a$ ,  $E_b$ ,  $E_c$  des Ansteuersignals, einem damit entstehenden Druck  $P$  sowie resultierenden Druckgradienten  $P_{g_a}$ ,  $P_{g_b}$ ,  $P_{g_c}$ . Die Variation der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  pro Taktperiode TAKT ist gleichbedeutend mit der Variation des Puls-/Pulspausenverhältnisses des Ansteuersignals  $U(t)$ . Das Ansteuersignal  $U(t)$  ist somit eine Funktion der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  und der Ansteuertaktdauer TAKT ( $U(t) = f(T_{\text{ein}}, \text{TAKT})$ ). In einem realen Meßprotokoll auftretende Effekte wie überhöhte Schaltflanken oder durch z. B. eine Abtastzeit oder sonstiges Totzeitverhalten hervorgerufene Verzögerungen sind in dieser schematischen Darstellung im Hinblick auf Übersichtlichkeit weggelassen.

In Fig. 2 ist damit dargestellt, daß jedem Effektivwert  $E_a$ ,  $E_b$ ,  $E_c$  der sich aus einer bestimmten Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  innerhalb eines Ansteuertaktes TAKT ergibt, ein Druckgradient  $P_{ga}$ ,  $P_{gb}$ ,  $P_{gc}$  im Speicher 104 zugeordnet ist. In Abschnitt 200 des Ansteuersignals  $U(t)$  des Pumpenmotors 101 ergibt sich aus dem Wechsel von Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  und Ausschaltzeit (TAKT- $T_{\text{ein}}$ ) innerhalb einer Ansteuertaktperiode TAKT der Effektivwert  $E_b$ , der sich schematisch in einem möglichen Druckanstieg, dargestellt in Abschnitt 206 des Druckverlaufs  $P$  im Druckspeicher äußert. Der dabei entstehende Druckgradient, wiederum schematisch dargestellt, ist in Abschnitt 203 des Druckgradientenverlaufs  $P_g$  mit  $P_{gb}$  bezeichnet. Ändert sich daraufhin in Abschnitt 201 des Ansteuersignals  $U(t)$  die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  von bisher 12 auf 15 - 14 bei unveränderter Taktperiode TAKT z. B. 13 - 11 = 16 - 14, so ändert sich (in diesem Falle erhöht sich der erzielte Druck) damit auch in Abschnitt 207 erkennbar der Verlauf des Speicherdrucks  $P$ . Somit steigt auch der Speicherdruckgradient  $P_g$  erkennbar in Abschnitt 204 von  $P_{gb}$  auf  $P_{ga}$ . Im darauffolgenden Abschnitt 202 wird hingegen durch eine Verkürzung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  von 15 - 14 auf 18 - 17 bei auch hier gleicher Taktperiode TAKT (19 - 17 = 13 - 11 = 16 - 14) der erzielte Druckgradient  $P_{gc}$  deutlich gesenkt ( $P_{gc}$ , Abschnitt 205). Dadurch kommt es in Abschnitt 208 des Drucks  $P$  zu einem sichtbar flacheren Verlauf.

Die in Fig. 2 enthaltene Darstellung offenbart den genannten Zusammenhang zwischen Ansteuersignal  $U(t)$  und Druckgradient  $P_g$  für einen Druckanstieg, wie er gegeben ist wenn z. B. mit einer Pumpe Druckmedium in einen Speicher gefördert wird, wie beispielsweise bei einem elektrohydraulischen Bremssystem mit Speicherpumpe. Daneben sind die erfindungsgemäßen Verfahren, Vorrichtung und speziell der Zusammenhang in Fig. 2 in analoger Weise für Druckabfall, also negative Druckgradienten zu verstehen. Diese Situation mit fallendem Druckverlauf entsteht beispielsweise bei einer Rückförderpumpe in einem hydraulischen Bremssystem z. B. beim Fördern des Druckmediums aus einer mit den Radbremsen verbundenen Leitung bzw. aus einem Druckspeicher.

Verfahren und Vorrichtung zur Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals des das Druckmedium fördernden Mittels in Abhängigkeit von einer Druckgradientengröße können auch in Kombination mit bekannten Verfahren, bei welchen die Generatorspannung  $U_{\text{gen}}$  des Pumpenmotors zur Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals verwendet wird, eingesetzt werden.

Bei der ersatzweisen Verwendung der Bildung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  innerhalb eines Taktes TAKT einerseits als Funktion der Generatorspannung  $U_{\text{gen}}$  (Regelstrategie I) und andererseits als Funktion des Druckgradienten  $P_g$  (Regelstrategie II) erfolgt in Fig. 3a unter gewissen Voraussetzungen ein Wechsel von der jeweils gerade eingesetzten Regelstrategie zur anderen. Der Startzeitpunkt für die Auswahl der Verfahren ist eine Pumpenanforderung mit Festlegung des zu verwendenden Ansteuertaktes TAKT 300/1. Zunächst wird beispielsweise Regelstrategie I verwendet, wobei in Block 301 die Pumpe eingeschaltet und die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  als Funktion der Generatorspannung des Pumpenmotors 101 gebildet wird ( $T_{\text{ein}} = f(U_{\text{gen}}) = T_{\text{ein}}(U_{\text{gen}})$ ). Im Block 302/1 wird darauffolgend überprüft, ob die Pumpenanforderung noch vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, wird die Pumpe ausgeschaltet 305/1. Bleibt die Pumpenanforderung aufrecht, wird wenigstens eine Bedingung im Block 303/1 geprüft, aufgrund welcher ein Wechsel der Regelstrategie durchzuführen ist.

Eine solche Bedingung kann beispielsweise eine zu geringe Förderleistung z. B. bei tiefen Temperaturen sein.

Auch ein zu geringer Druckgradient kann der Auslöser zum Wechsel der Regelstrategie sein, was z. B. mit einer Druckgradientenschwelle (z. B. Mindestdruckgradientenschwelle) überprüft wird. Ebenso ist hier der Einsatz von Schwellwerten für die Generatorspannung oder den Druck möglich, deren Unter- oder Überschreitung ein Umschalten der Regelstrategie zur Folge hat.

Besteht aufgrund der Abfrage im Block 303/1 kein Grund für einen Wechsel der Regelstrategie wird die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$ , bzw. das Puls-/Pulspausenverhältnis des Ansteuersignals der Pumpe 100, bzw. des Pumpenmotors 101 weiter abhängig von der Generatorspannung gebildet. Muß jedoch ein solcher Wechsel erfolgen, wird nun zu Regelstrategie II in Block 304 übergegangen. Dabei wird die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  innerhalb einer Taktperiode TAKT als Funktion einer Druckgradientengröße bestimmt. Auch kann bei einem solchen Wechsel die Vorgabe des Ansteuertaktes TAKT neu erfolgen.

Da es, wie in Fig. 2 gezeigt auf das Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$ -Ausschaltzeit (TAKT- $T_{\text{ein}}$ )-Verhältnis zur Erzielung der Effektivwerte ankommt, ist eine vorgebbare Variation der Ansteuertaktperiode TAKT analog zur Veränderung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  ebenso zweckmäßig und kann unter gewissen Voraussetzungen sogar sinnvoller sein.

Die Abhängigkeit der Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals  $U$ , bzw. des Ansteuertaktes TAKT sowie der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  von einer Druckgradientengröße  $P_g$  ist durch unterschiedliche Möglichkeiten gegeben:

Vorgabe der jeweiligen Druckgradientengröße als Führungsgröße (z. B.  $P_{gw}$ ) in einem Regelkreis und Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals  $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}})$  durch ein Stellglied.

Eingang der jeweiligen Druckgradientengröße  $P_g$  in eine Kennlinie bzw. ein Kennfeld und Ausgang des Ansteuersignals  $U$  ( $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}})$ ) aus dieser Kennlinie bzw. diesem Kennfeld.

Verwendung von Schwellwerten der Druckgradientengröße und Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals  $U$  ( $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}})$ ) durch Vergleich der ermittelten jeweiligen Druckgradientengröße  $P_g$  mit diesen Schwellwerten.

Zuordnung wenigstens einer Druckgradientengröße  $P_g$  zu jeweils einem Abschnitt des Ansteuersignals  $U(t)$  (z. B. 200, 201, 202) und Bildung und/oder Anpassung wenigstens eines auf den ursprünglich jeweils zugeordneten Abschnitt des Ansteuersignals (z. B. 200), bzw. auf das ursprüngliche Ansteuersignal ( $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}})$ ) folgenden neuen Ansteuersignals (z. B. 201) bzw. einer neuen Einschaltzeitdauer  $T_{\text{ein}}$  innerhalb eines Ansteuertaktes TAKT durch einfache Weiterrechnung, wie z. B. mittels Addition oder Subtraktion von Zeitschritten zu oder von der Einschaltzeitdauer  $T_{\text{ein}}$ , Multiplikation oder Division sowie anderer Verknüpfungen oder Funktionen.

In Block 302/2 wird ebenso wie in Block 302/1 überprüft, ob die in Block 300/1 angegebene Pumpenanforderung noch vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, gelangt man auch hier zu Block 305/1 und die Pumpe 100 wird ausgeschaltet. Bleibt die Pumpenanforderung allerdings aufrecht, erfolgt auch hier die Abfrage in Block 303/2 nach einem Wechsel der Regelstrategie. Ist dieser notwendig, gelangt man wieder zurück zu Regelstrategie I in Block 301. Soll die Regelstrategie nicht gewechselt werden, wird die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  weiter als Funktion des Druckgradienten ( $T_{\text{ein}} = f(P_g) = T_{\text{ein}}(P_g)$ ) bestimmt.

In Fig. 3b ist die Ansteuerung der Pumpe 100 bzw. des Pumpenmotors 101 mittels einer Regelstrategie III dargestellt. Statt der alternativen Verwendung der Regelstrategien I und II in Fig. 3a wird dabei das Ansteuersignal als Funk-

tion der Generatorspannung und des Druckgradienten gebildet und/oder verändert. Wieder ausgehend von einer Pumpenanforderung 300/2 mit vorgebbarem Ansteuertakt TAKT wird nun die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  in Block 306 als Funktion beider Größen bestimmt ( $T_{\text{ein}} = f(U_{\text{gen}}, P_g)$ ). Dies geschieht in einem bevorzugten Fall beispielsweise nach der Formel:

$$T_{\text{ein}} = A \cdot T_{\text{ein}}(U_{\text{gen}}) + B \cdot T_{\text{ein}}(P_g) \quad (1)$$

mit  $A, B \in \{0...1\}$  und  $A + B = 1$

Dabei sind auch andere Verknüpfungen der beiden Einschaltzeiten  $T_{\text{ein}}(U_{\text{gen}})$  und  $T_{\text{ein}}(P_g)$  denkbar. Auch die direkte Bestimmung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  aus der Generatorspannung  $U_{\text{gen}}$  und dem Druckgradienten  $P_g$  als  $T_{\text{ein}}(U_{\text{gen}}, P_g) = f(U_{\text{gen}}, P_g)$  ist dabei zweckmäßig. Ausgehend von der Regelstrategie III in Block 306 wird dann im Block 302/3 überprüft, ob die Pumpenanforderung noch vorhanden ist. Ist dies der Fall, wird die Pumpe weiter nach Regelstrategie III angesteuert. Ist die Pumpenanforderung inzwischen abgefallen, gelangt man zu Block 305/2 und die Pumpe wird ausgeschaltet.

In einer weiteren Ausführungsform wird die Pumpe 100 bzw. der Pumpenmotor 101 ausschließlich mit einem Ansteuersignal  $U(t)$  angesteuert, das als Funktion einer Druckgradientengröße ( $U(t) = f(P_g)$ ) gebildet und/oder verändert wird. Auch hierbei kann die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  und/oder die Ansteuertaktperiode TAKT abhängig von der Druckgradientengröße  $P_g$  gebildet und/oder angepaßt werden ( $U(t) = f(T_{\text{ein}}, \text{TAKT})$ ).

Bei der Bestimmung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  als Funktion des Druckgradienten, wird dieser beispielsweise in einem Regelkreis verwendet. Dabei wird ein Soll-Druckgradient als Führungsgröße vorgegeben, über einen Vergleich mit einer Druckgradienten-Istgröße verglichen, das Ergebnis einem Regelglied zugeführt und aus dem Ausgang dieses Regelglieds mittels einer Stelleinrichtung die Stellgröße zum Ansteuern des Pumpenmotors 101 gebildet.

Fig. 4 zeigt ein Flußdiagramm einer Variante eines Ausführungsbeispiels für ein Verfahren zur Ansteuerung der Pumpe 100. Start ist wieder eine Pumpenanforderung in Block 400. Dabei wird die Pumpe eingeschaltet (PUMPE EIN), wobei ein variabler Takt TAKT bzw. eine variable Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  innerhalb dieses Taktes vorgebar sind. Ebenso vorgebar sind ein gewünschter Druckgradient  $P_{\text{gw}}$ , ein Mindestdruckanstieg bzw. -abfall  $P_{\text{gm}}$  sowie eine gewisse Toleranz  $\Delta P_g$ . Im Nachfolgenden wird der Fall eines Druckanstiegs im Speicher betrachtet. Analog dazu kann auch ein Druckabfall behandelt werden. Bei dem gewünschten Druckanstieg wird zunächst in Block 401 überprüft, ob ein Mindestdruckanstieg erreicht ist. Ist der gemessene bzw. geschätzte Istwert der Druckgradientengröße  $P_g$  kleiner als ein vorgebarer Mindestdruckgradient  $P_{\text{gm}}$  so wird hier speziell in Block 402 die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  um  $\Delta T_1$  pro Durchlauf erhöht. Dies geschieht solange, bis der vorgebare Mindestdruckgradient  $P_{\text{gm}}$  erreicht ist. Ist der Mindestdruckanstieg erreicht, wird versucht, innerhalb einer gewissen Toleranz  $\Delta P_g$  einem vorgebaren variablen Wunschdruckgradienten  $P_{\text{gw}}$  zu folgen. Dazu wird im Block 403 zunächst geprüft, ob der Ist-Wert der Druckgradienten  $P_g$  größer als der vorgebare Wunschdruckgradient  $P_{\text{gw}}$  ist. Der Wunschdruckgradient  $P_{\text{gw}}$  kann dabei durch Laborversuche, Meßwerte, Schätzwerte bzw. Erfahrungswerte z. B. aus einem Kennfeld ermittelt bzw. vorgegeben sein. Ebenso kann der Wunschdruckgradient  $P_{\text{gw}}$  aus mindestens einem gemessenen oder geschätzten Istdruckgradienten  $P_g$  ermittelt werden. Liegt in 403 der Istdruckgradient  $P_g$  über dem

Toleranzband ( $P_{\text{gw}} \pm \Delta P_g$ ) des Wunschdruckgradienten  $P_{\text{gw}}$  wird im Block 404 die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  pro Taktperiode um  $\Delta T_2$  verkürzt, wodurch der Ist-Druckgradient  $P_g$  absinkt. Dies geschieht solange, bis der Druckgradient  $P_g$  unter Berücksichtigung einer gewissen Toleranz  $\Delta P_g$ , die auch Null sein kann, den Wunschdruckgradienten  $P_{\text{gw}}$  nicht mehr übersteigt und trotzdem über dem Mindestdruckanstieg  $P_{\text{gm}}$  liegt. Ist dies erfüllt, wird in 405 geprüft, ob der Istdruckgradient  $P_g$  unterhalb des Toleranzbandes ( $P_{\text{gw}} \pm \Delta P_g$ ) liegt. Ist der Istdruckgradient kleiner als der vorgebare Wunschdruckgradient  $P_{\text{gw}}$  wird in Block 406 die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  jeweils um  $\Delta T_3$  wieder erhöht. Die Erhöhung bzw. Erniedrigung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  geschieht in diesem Ausführungsbeispiel durch Addition bzw. Subtraktion von Zeitschritten. Diese Zeitschritte  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $\Delta T_3$  können identisch oder je nach Abfrage 401, 403, 405 in den Blöcken 402, 404, 406 jeweils unterschiedlich angepaßt sein. Auch die Verwendung zweier identischer und eines unterschiedlichen Wertes für  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $\Delta T_3$  kann situationsabhängig zweckmäßig sein. Statt einer Addition oder Subtraktion dieser Zeitschritte  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $\Delta T_3$  ist auch eine andere Verknüpfung beispielsweise durch Multiplikation, Division oder durch die Verwendung einer Kennlinie bzw. eines Kennfeldes oder anderer Verknüpfungen zweckmäßig und denkbar. Sind die Abfragen in Block 403 und Block 405 jeweils mit nein beantwortet, so befindet sich der Istdruckgradient  $P_g$  in dem gewünschten Toleranzband ( $P_{\text{gw}} \pm \Delta P_g$ ). Daraufhin wird in Block 302/4 überprüft, ob die Pumpenanforderung aus Block 400 noch vorhanden ist. Ist dies der Fall, wird die Regelschleife erneut durchlaufen. Im anderen Fall wird die Pumpe in Block 305/3 ausgeschaltet. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein gewünschter vorgebarer Druckgradientenwert  $P_{\text{gw}}$  erreicht, wodurch auch die Zeit innerhalb der ein gewisses Druckniveau erreicht werden soll, vorgegeben werden kann. Durch die Wahl der vorgebaren Toleranz  $\Delta P_g$  kann die Genauigkeit, sprich die Breite des Toleranzbandes ( $P_{\text{gw}} \pm \Delta P_g$ ) eingestellt werden.

Die in Fig. 4 offenbarte Ausführungsform behandelt einen gewünschten Druckanstieg  $P_{\text{gw}}$  unter Berücksichtigung eines Mindestdruckgradienten  $P_{\text{gm}}$ . Ebenso ist die Verwendung eines maximal zulässigen Druckgradienten zweckmäßig, um z. B. die mechanische Druckbelastung nicht zu stark ansteigen zu lassen. Daneben ist es z. B. bei einer Rückförderpumpe eines hydraulischen Bremssystems sinnvoll nicht den Druckanstieg, sondern den Druckabfall beispielsweise in den Radbremsen und/oder im nachgeschalteten Druckspeicher zu überwachen und vorzugeben. Dies kann erfindungsgemäß analog zu den offenbarten Ausführungsbeispielen erfolgen.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel zur Verwendung des Druckgradienten zur Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals eines das Druckmedium fördernden Mittels wird in Fig. 5 der Druckgradient bedarfsgerecht vorgegeben. Dadurch wird der gewünschte Druckverlauf situationsbedingt eingestellt. Dazu geht man im Block 500 wieder von einer Pumpenanforderung aus, woraufhin die Pumpe 100 eingeschaltet (PUMPE EIN) wird. Vorgegeben wird dazu wieder ein Takt TAKT und eine innerhalb dieses Taktes vorgebare Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$ . Darüberhinaus werden nun verschiedene Druckgradientenschwellwerte  $P_{g1}$ ,  $P_{g2}$ , ...  $P_{gm}$  angegeben welchen im weiteren Verlauf jeweils Einschaltzeiten  $T_{\text{ein}1}$ ,  $T_{\text{ein}2}$ , ...  $T_{\text{ein}m}$  zugeordnet werden. Im Block 501 wird überprüft, ob die Istdruckgradientengröße  $P_g$  eine erste Gradientenschwelle  $P_{g1}$  mindestens erreicht. Ist der Istwert wenigstens so groß wie diese erste Schwelle wird eine bestimmte Einschaltzeit  $T_{\text{ein}1}$  im Block 502 eingestellt, die wenn  $P_{g1}$  beispielsweise ein maximal zulässiger Druckgradient ist, kleiner sein kann, als die vorher in 500

eingestellte Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$ . D. h. bei Erreichen eines sehr großen Druckgradienten kann die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  reduziert werden und damit der Druckgradient bedarfsgerecht gesenkt werden. Ebenso wird im Block 503 auf eine zweite Schwelle  $P_{g2}$  geprüft. Befindet sich die Istdruckgradientengröße  $P_g$  also wenigstens auf dem Niveau von  $P_{g2}$  aber unterhalb von  $P_{g1}$ , so wird im Block 504 eine zweite Einschaltzeit  $T_{\text{ein}2}$  eingestellt. Fortfolgend wird durch dieses Abfragen der Druckgradientenschwellen eine bedarfsgerecht eingestellte Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  gewählt. Unterschreitet beispielsweise der Istdruckgradient  $P_g$  den vorgebbaren Mindestdruckgradienten  $P_{g\text{min}}$ , so kann sofort in Block 507 eine maximale Einschaltzeit  $T_{\text{einmax}}$  vorgegeben werden, bis hin zu einer Vollansteuerung bei der  $T_{\text{ein}} = \text{TAKT}$  ist. Andernfalls wird die Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  z. B. in Block 506 schwellwertabhängig angepaßt. Nach dem Durchlauf der Schwellwertabfragen wird in Block 302/5 jeweils überprüft, ob die Pumpenanforderung aus Block 500 noch vorhanden ist. Ist dies der Fall, startet die erneute Schwellwertabfrage. Ist die Pumpenanforderung abgefallen, wird die Pumpe im Block 305/4 ausgeschaltet.

Neben der Verwendung der Einschaltzeit  $T_{\text{ein}}$  bzw. der Ansteuertaktperiode  $\text{TAKT}$  und deren Abhängigkeit von der Druckgradientengröße  $P_g$ , wie in Fig. 2 dargestellt, zur Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals  $U(t)$  kann auch eine vorgebbare Variation der Versorgungsspannungsverlauf  $U_{\text{bat}}(t)$  abhängig von der Druckgradientengröße  $P_g$  eingesetzt werden, da auch dadurch der Effektivwert des Ansteuersignals  $U(t)$  und somit der Druckgradient  $P_g$  verändert bzw. angepaßt würde. Damit wären bei  $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}}, U_{\text{bat}}(t))$  alle drei Größen  $\text{TAKT}$ ,  $T_{\text{ein}}$ ,  $U_{\text{bat}}$  abhängig von der Druckgradientengröße  $P_g$  variierbar und können somit einzeln oder in Kombination zur Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals  $U$  verwendet werden.

Die in den Ausführungsbeispielen verwendete Druckgradientengröße ist ein zeitlicher Gradient, der aber an verschiedenen Orten des Bremssystems sinnvollerweise gewonnen werden kann. Bevorzugte Orte sind vorhandene Druckspeicher in Verbindung mit vor- und/oder nachgeschalteten das Druckmedium fördernde Mittel, insbesondere Pumpen. Ebenso sind aber beispielsweise Zu- und/oder Ableitungen für das Druckmedium als Ermittlungsorte der Druckgradientengröße zweckmäßig. Bei Verwendung mehrerer unterschiedlicher Orte zur Ermittlung der Druckgradientengröße ist somit ersetzend oder ergänzend auch eine Druckgradientengröße als örtlicher Gradient sinnvoll, sodaß ein das Druckmedium förderndes Mittel, insbesondere eine Pumpe, beispielsweise abhängig von einer örtlich vor und/oder hinter ihm im Bremssystem ermittelten Druckgradientengröße angesteuert wird. Diese Ansteuerung kann damit im nächsten Schritt auch abhängig vom Druckverlauf über einem Abschnitt des Bremssystems erfolgen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Anpassung eines Ansteuersignals zur Ansteuerung eines, ein Druckmedium fördernden Mittels in einem Fahrzeugbremssystem bei dem das Ansteuersignal abhängig von wenigstens einer vorgebbaren Bedingung ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß
  - eine Druckgradientengröße ( $P_g$ ) ermittelt wird, die einen Istwert eines Druckgradienten des Druckmediums repräsentiert
  - die Bedingung als Abhängigkeitsmodus derart vorgegeben ist, daß das Ansteuersignal ( $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}}, U_{\text{bat}})$ ) abhängig von der erfaßten Druckgradientengröße ( $P_g$ ) angepaßt wird.

2. Verfahren zur Bildung eines Ansteuersignals zur Ansteuerung eines, ein Druckmedium fördernden Mittels in einem Fahrzeugbremssystem, bei dem das Ansteuersignal abhängig von wenigstens einer vorgebbaren Bedingung ist, wobei

- eine Druckgradientengröße ( $P_g$ ) ermittelt wird, die einen Istwert eines Druckgradienten des Druckmediums repräsentiert,
- die Bedingung als Abhängigkeitsmodus derart vorgegeben ist, daß das Ansteuersignal ( $U(t) = f(\text{TAKT}, T_{\text{ein}}, U_{\text{bat}})$ ) abhängig von der erfaßten Druckgradientengröße ( $P_g$ ) gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Bildung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) derart erfolgt, daß eine Einschaltzeit ( $T_{\text{ein}}$ ) innerhalb eines Ansteuertaktes ( $\text{TAKT}$ ) des Ansteuersignals gebildet und/oder angepaßt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) eine Einschaltzeit ( $T_{\text{ein}}$ ) innerhalb eines Ansteuertaktes ( $\text{TAKT}$ ) des Ansteuersignals gebildet und/oder angepaßt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß darüberhinaus eine weitere Bedingung als Abhängigkeitsmodus derart vorgegeben ist, daß das Ansteuersignal ( $U(t)$ ) abhängig von einer, am Antrieb (101) des das Druckmedium fördernden Mittels ermittelten, generatorisch induzierten Spannungsgröße ( $U_{\text{gen}}$ ) gebildet und/oder angepaßt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) gleichzeitig abhängig von beiden Bedingungen (Regelstrategie III,  $U(t) = f(P_g, U_{\text{gen}})$ ), abwechselnd abhängig von jeweils einer Bedingung (Regelstrategie I,  $U(t) = f(U_{\text{gen}})$ ; Regelstrategie II,  $U(t) = f(P_g)$ ) oder ausschließlich abhängig von jeder Bedingung für sich ( $U(t) = f(P_g)$  oder  $U(t) = f(U_{\text{gen}})$ ) ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Abhängigkeitsmodi für die Bedingungen zur Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) verwendet werden können, als da wären:

- Vorgabe der jeweiligen Druckgradientengröße ( $P_g$ ) oder Spannungsgröße ( $U_{\text{gen}}$ ) als Führungsgröße (z. B.  $P_{g\text{w}}$ ) in einem Regelkreis und Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) durch ein Stellglied und/oder
- Eingang der jeweiligen Druckgradientengröße ( $P_g$ ) oder Spannungsgröße ( $U_{\text{gen}}$ ) in eine Kennlinie oder ein Kennfeld und Ausgang des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) aus dieser Kennlinie oder diesem Kennfeld und/oder
- Verwendung von Schwellwerten der jeweiligen Druckgradientengröße ( $P_g$ ) oder Spannungsgröße ( $U_{\text{gen}}$ ) und Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) durch Vergleich der ermittelten jeweiligen Druckgradientengröße ( $P_g$ ) oder Spannungsgröße ( $U_{\text{gen}}$ ) mit diesen Schwellwerten ( $P_{g1} \dots P_{g\text{min}}$ ) und/oder
- Zuordnung wenigstens einer Druckgradientengröße ( $P_g$ ) oder Spannungsgröße ( $U_{\text{gen}}$ ) zu jeweils einem Ansteuersignal ( $U(t) = f(T_{\text{ein}})$ ; 200) und Bildung und/oder Anpassung wenigstens eines auf das ursprünglich jeweils zugeordnete Ansteuersignal folgenden neuen Ansteuersignals ( $U(t) = f(T_{\text{ein}}, \Delta T1)$ ; 201).

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Druckgradienten als Schwell-



werte ( $P_{g1} \dots P_{gm}$ ) vorgegeben werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein kleinster Druckgradient ( $P_{gm}$ , Mindestdruckgradient) und/oder ein größter Druckgradient (Maximaldruckgradient) vorgegeben wird. 5

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein gewünschter vorgegebener Druckgradient ( $P_{gw}$ ) im Druckmedium ermittelt wird und daß das Ansteuersignal ( $U(t)$ ) so gebildet und/oder angepaßt wird, daß der gewünschte vorgegebene Druckgradient ( $P_{gw}$ ) im Druckmedium innerhalb einer ebenfalls vorgebbaren Toleranz ( $\pm \Delta P_g$ ) eingestellt wird. 10

10. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t) = f(\text{Tein}, \text{TAKT})$ ) durch Bildung und/oder Anpassung der Einschaltzeit ( $\text{Tein}$ ) bei gleichzeitiger Abhängigkeit von beiden Bedingungen (Regelstrategie III,  $U(t) = f(\text{Tein}(P_g), \text{Tein}(U_{gen})) = f(P_g, U_{gen})$ ) nach folgender Berechnungsvorschrift erfolgt: 15

$$\text{Tein} = A \cdot \text{Tein}(U_{gen}) + B \cdot \text{Tein}(P_g)$$

mit  $A, B \in \{0 \dots 1\}$  und  $A + B = 1$  20

wobei  $\text{Tein}$  die Einschaltzeit innerhalb einer Taktperiode (TAKT) des Ansteuersignals,  $U_{gen}$  die Spannungsgröße eines Antriebs des das Druckmedium fördernden Mittels und  $P_g$  die ermittelte Druckgradientengröße des Druckmediums sind. 25

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendete Druckgradientengröße ( $P_g$ ) aus einem Druckspeicher (104) im Bremssystem ermittelt wird. 30

12. Vorrichtung mit einer Steuereinheit und zugehöriger Sensorik zur Durchführung wenigstens eines Verfahrens zur Anpassung eines Ansteuersignals zur Steuerung eines, ein Druckmedium fördernden Mittels in einem Fahrzeugbremssystem bei dem das Ansteuersignal abhängig von wenigstens einer vorgebbaren Bedingung ist, dadurch gekennzeichnet, daß 35

- erste Mittel enthalten sind, welche eine Druckgradientengröße ( $P_g$ ) ermitteln, die einen Istwert eines Druckgradienten des Druckmediums repräsentiert, 40

- zweite Mittel enthalten sind, welche die Bedingung als Abhängigkeitsmodus derart vorgeben, daß das Ansteuersignal ( $U(t) = f(\text{TAKT}, \text{Tein}, U_{bat})$ ) abhängig von der erfaßten Druckgradientengröße ( $P_g$ ) angepaßt wird. 45

13. Vorrichtung mit einer Steuereinheit und zugehöriger Sensorik zur Durchführung wenigstens eines Verfahrens zur Bildung eines Ansteuersignals zur Steuerung eines, ein Druckmedium fördernden Mittels in einem Fahrzeugbremssystem, bei dem das Ansteuersignal abhängig von wenigstens einer vorgebbaren Bedingung ist, wobei 50

- erste Mittel enthalten sind, welche eine Druckgradientengröße ( $P_g$ ) ermitteln, die einen Istwert eines Druckgradienten des Druckmediums repräsentiert, 55

- zweite Mittel enthalten sind, welche die Bedingung als Abhängigkeitsmodus derart vorgeben, daß das Ansteuersignal ( $U(t) = f(\text{TAKT}, \text{Tein}, U_{bat})$ ) abhängig von der erfaßten Druckgradientengröße ( $P_g$ ) gebildet wird dadurch gekennzeichnet, 60

net, daß

- dritte Mittel enthalten sind, welche die Bildung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) derart durchführen, daß eine Einschaltzeit ( $\text{Tein}$ ) innerhalb eines Ansteueraktes (TAKT) des Ansteuersignals gebildet und/oder angepaßt wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß

- vierte Mittel enthalten sind, welche eine generatorisch induzierte Spannungsgröße ( $U_{gen}$ ) am Antrieb (101) des das Druckmedium fördernden Mittels (100) ermitteln

- darüberhinaus fünfte Mittel enthalten sind, die eine weitere Bedingung als Abhängigkeitsmodus derart vorgeben, daß das Ansteuersignal ( $U(t)$ ) abhängig von der ermittelten, generatorisch induzierten Spannungsgröße ( $U_{gen}$ ) gebildet und/oder angepaßt wird, und

- sechste Mittel enthalten sind, die die Bildung und/oder Anpassung des Ansteuersignals ( $U(t)$ ) gleichzeitig abhängig von beiden Bedingungen (Regelstrategie III,  $U(t) = f(P_g, U_{gen})$ ), abwechselnd abhängig von jeweils einer Bedingung (Regelstrategie I,  $U(t) = f(U_{gen})$ ; Regelstrategie II,  $U(t) = f(P_g)$ ) oder ausschließlich abhängig von jeder Bedingung für sich ( $U(t) = f(P_g)$  oder  $U(t) = f(U_{gen})$ ) durchführen.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**Fig. 1**

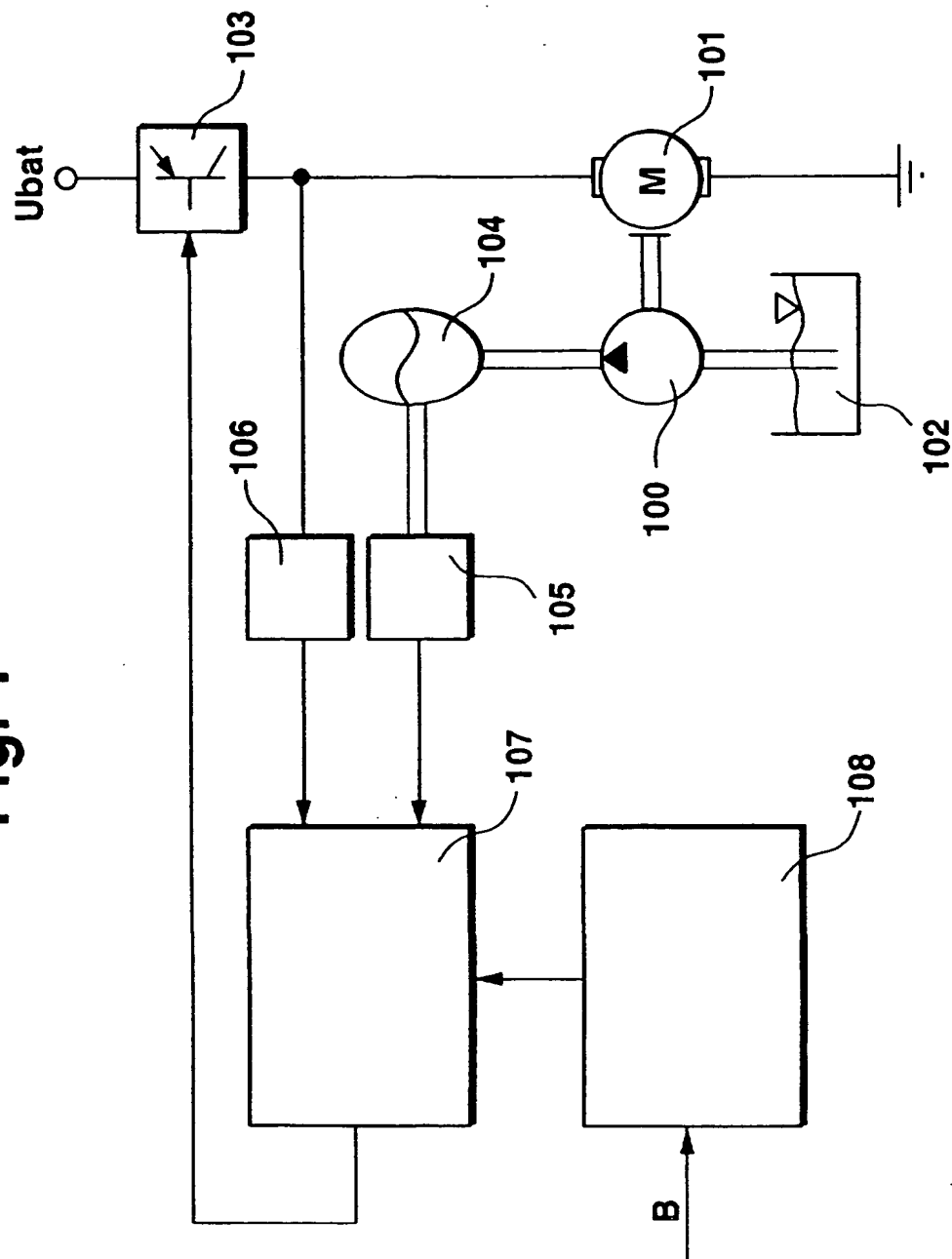
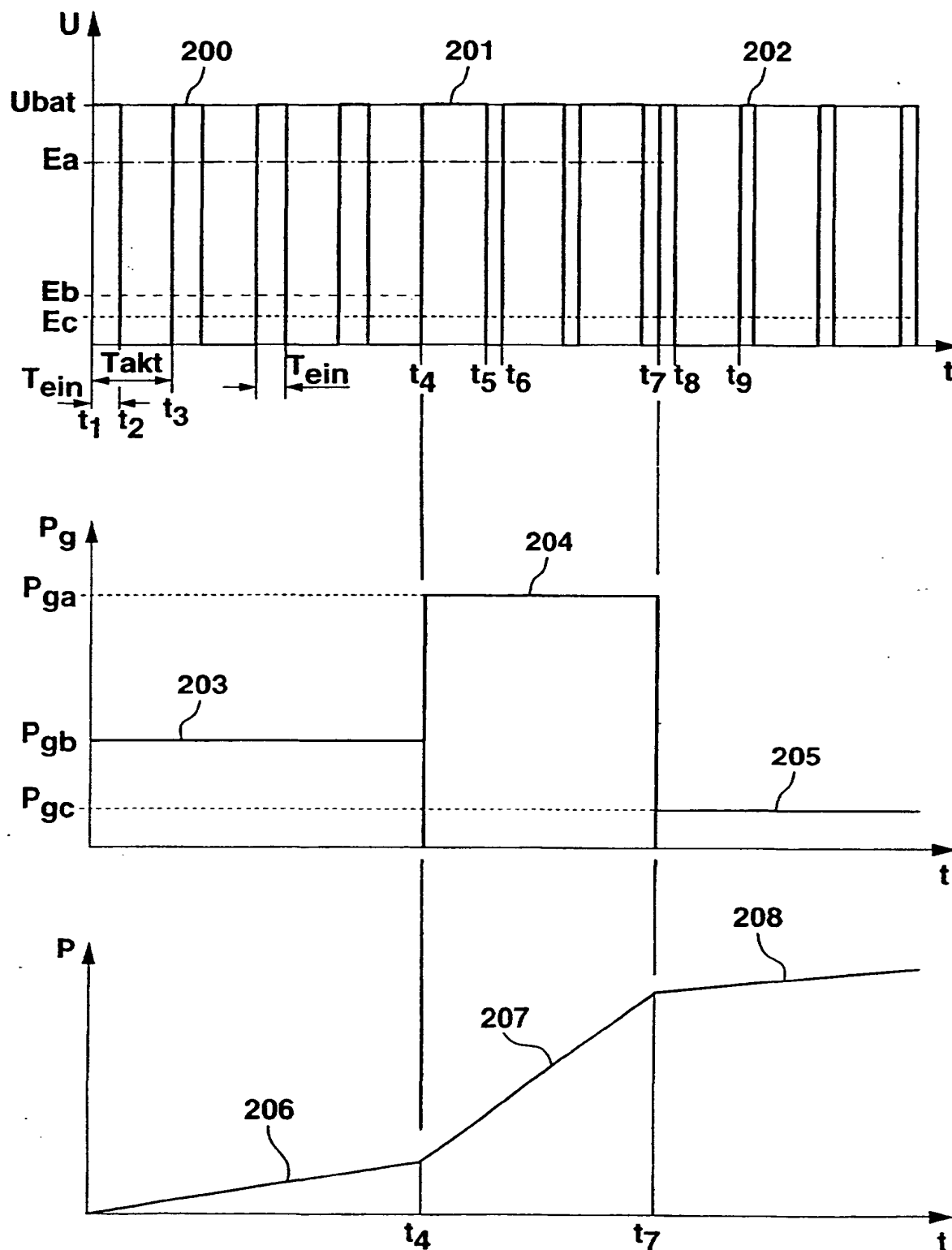
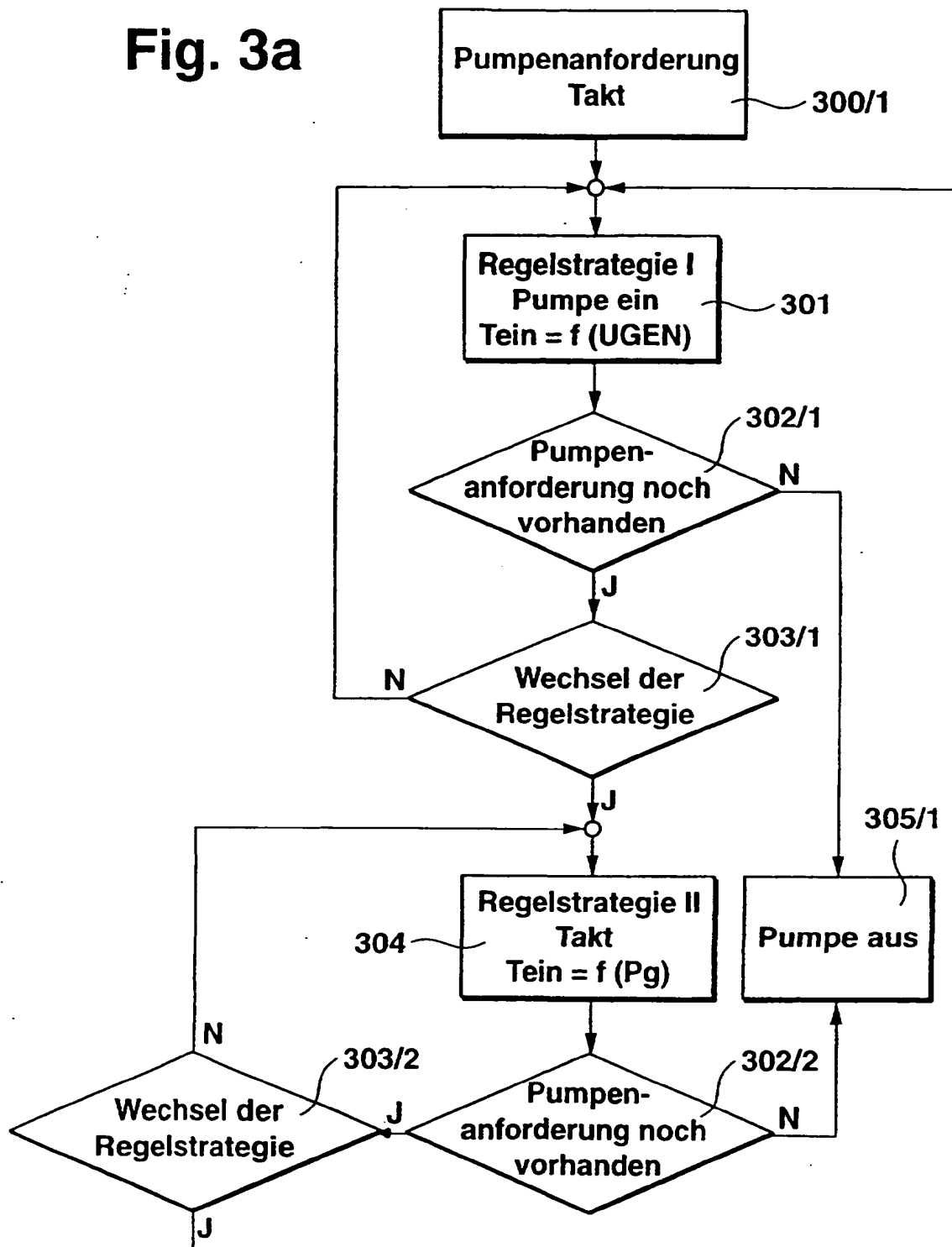


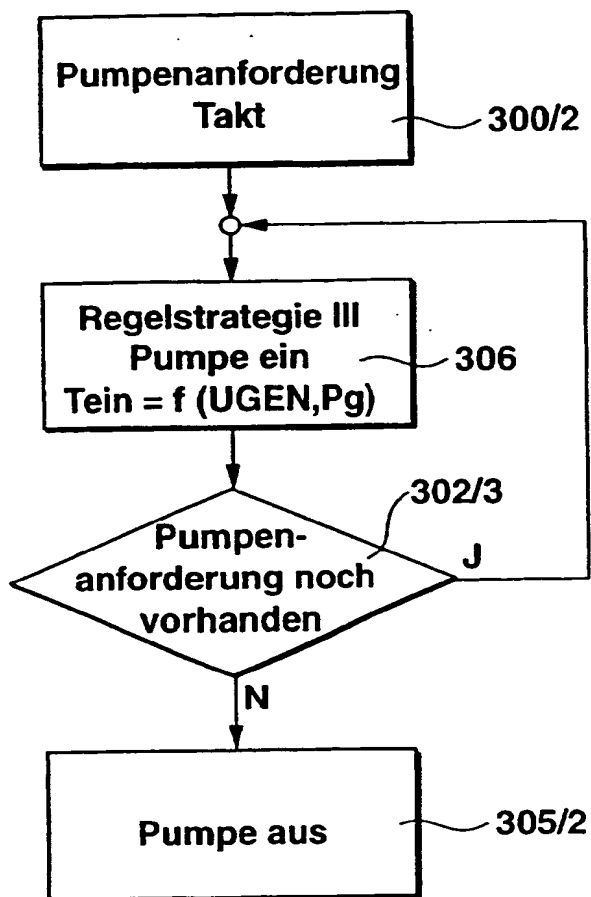
Fig. 2



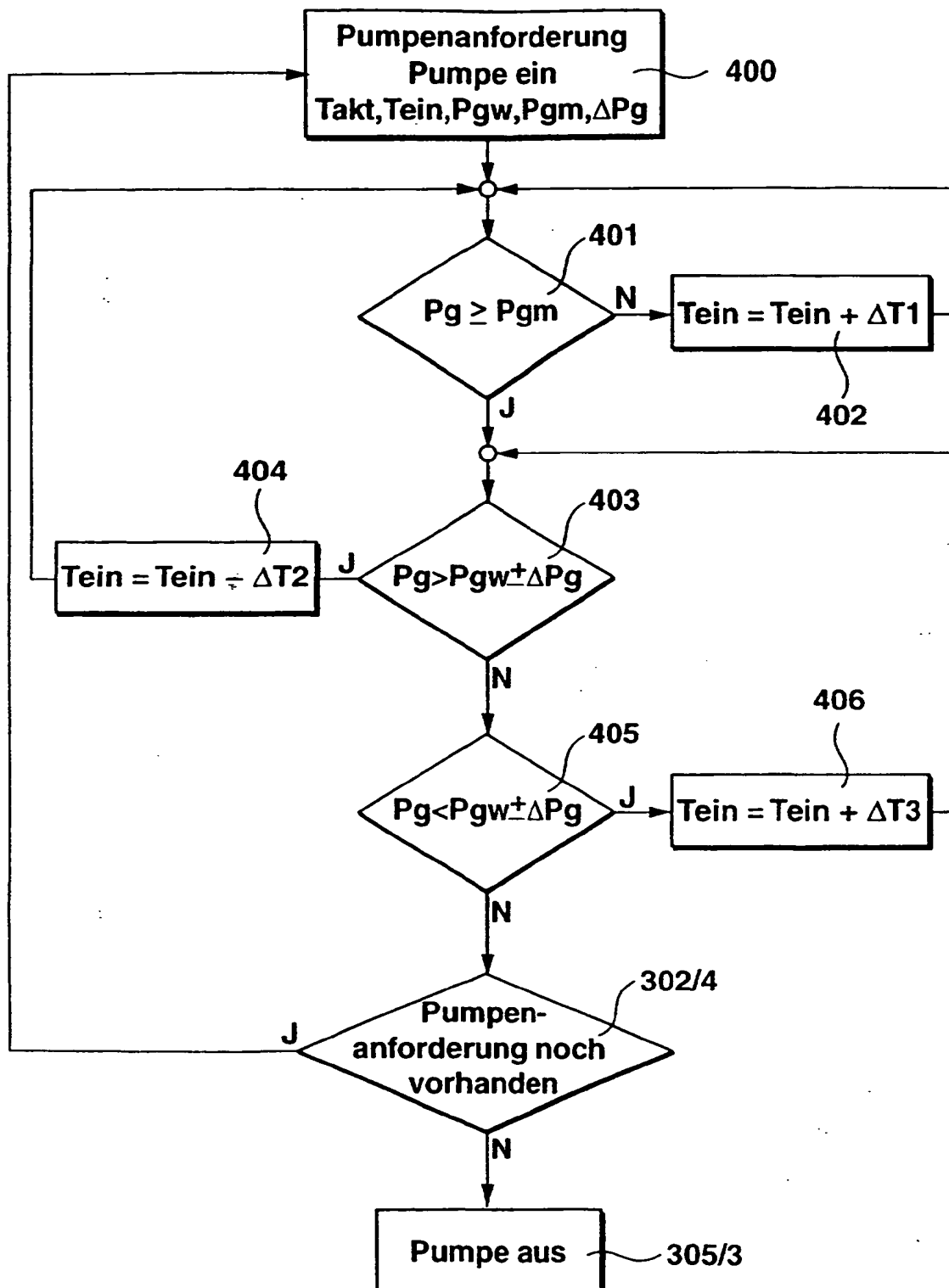
**Fig. 3a**



**Fig. 3b**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

